

PC 橋桁腹部に生じた ひび割れの発生原因の検討



(株)IHI インフラ建設 開発部
小林 崇

1. はじめに

プレストレストコンクリート（以下、PC）構造物は、コンクリートにプレストレスを導入することで有害なひび割れの発生を制御した構造であり、適切な設計・施工がなされることにより長期的な耐久性が確保される。一方で、実橋の定期点検結果に基づく既往の分析¹⁾では、ポストテンション方式 PCT 桁橋で桁下面の軸方向のひび割れや、桁腹部の斜め方向のひび割れなど PC 鋼材に沿ったひび割れの発生頻度が高いことが報告されている。

ポストテンション方式では、シース内にグラウトを充填することで PC 鋼材の防錆がなされるが、とくに 1980 年代以前に建設された橋梁では、PC 鋼材を桁上縁に定着する曲上げの大きい上縁定着や、ブリーディングを生じるグラウトの使用によりシース内に空隙が生じやすく、空隙部への水の浸入による PC 鋼材の腐食なども確認されている。

このような背景のもと、(国研) 土木研究所と筆者が所属する (一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会で行った「撤去橋梁を用いた既設 PC 橋の診断技術高度化に関する共同研究」では、グラウトの充填不足により劣化のおそれのある PC 橋を早期に発見し、PC 鋼材の劣化進行を未然に防ぐことを目的に、撤去橋梁を用いて既設 PC 橋のグラウト充填状況に着目した解体調査を実施した。

本報告は、共同研究の一環として行った外観変状からのグラウト充填状況の評価・把握を目的とした桁腹部のシースに沿ったひび割れの発生原因に関する調査、検討について報告するものである。

2. 対象橋梁の概要

対象橋梁は、1961 年に建設された 2 径間単純ポストテンション PCT 桁橋である。桁高は 900 mm、桁腹部の幅は 180 mm で、直径 5 mm の PC 鋼線 12 本を一束としたケーブル 8 本のうち 4 本が桁上縁に定着されている。供用 49 年が経過し、老朽化が著しいとして撤去された本橋では、一部の桁で遊離石灰を伴うシースに沿ったひび割れが確認されている。

3. 解体調査

3.1 グラウト充填状況の調査

撤去部材を用いて断面の切断およびコア削孔によりグラウト充填状況の調査を行った。

断面の切断調査では、ほぼすべての上縁定着ケーブルの

定着部付近でシース内に空隙が確認された。これは、架設当時使用されたグラウトがブリーディングを生じ、これを外部に排出するためアルミ粉末が併用されたが上縁定着のように曲上げの大きいケーブルでは十分に排出されなかったものと考えられる。

桁腹部で行ったコア削孔による調査では、一部で空隙が確認されたもののシースに沿ったひび割れ付近ではグラウトの充填が確認された (写真 - 1)。

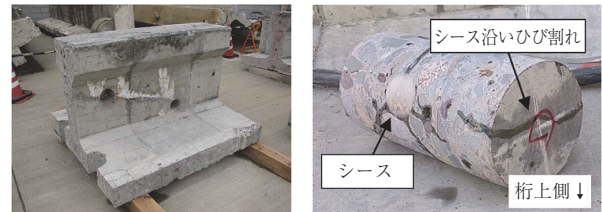


写真 - 1 コア削孔によるグラウト充填調査

3.2 コンクリート・グラウトの物性調査

桁腹部より採取したコア供試体により確認したコンクリートの物性は、単位体積重量 25 kN/m³ 程度、圧縮強度 75 N/mm² 程度、静弾性係数 39 kN/mm² 程度でありコンクリートに劣化は見られない。PC 橋において鋼材に沿ったひび割れを生じるアルカリシリカ反応に対しても、粗骨材の一部に反応性鉱物を含むことの多い岩種が含まれ、一部で反応リムやゲルの形成も見られたが、骨材中のひび割れや骨材からペースト部へのひび割れの進展は認められず、ひび割れの発生原因である可能性は低いと推定された。また、グラウトについてはシース内より採取したグラウト片で引っ掻き試験を行い、初期凍害などの可能性がないことを確認した。

4. 解析的検討

4.1 ひび割れを生じる要因

桁腹部に生じたシースに沿ったひび割れの発生原因について 3 次元有限要素法による弾性解析により検討した。ここで、ひび割れを生じる表面応力の発生要因を①プレストレス力、②グラウト注入圧、③グラウトに混和するアルミ粉の膨張圧、④コンクリートとグラウトの熱膨張係数差とし、②、③は既往の研究²⁾で示される式を SI 単位に修正した式 (1) により、④は共同研究内で実施した検討³⁾で示される熱膨張係数の差により発生する表面応力とシースかぶりの関係式 (2) をもとに推定した。

$$\sigma_{\text{②③}} = 10.2 E \cdot p (3.15 - 1.5 i/d) \times 10^{-6} \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{④}} = 134.62 i^{-1.258} \quad (2)$$

ここで、 E : 弾性係数 ($= 3.30 \times 10^4$ N/mm²)、 p : 内圧 (N/mm²)、 i : シースかぶり (mm)、 d : シース径 (mm)

4.2 表面応力の発生

(1) プレストレスの導入

プレストレスの導入による表面応力の発生について、図 - 1 に示す高さ 300 mm × 幅 180 mm の断面に孔径 40 mm

の空隙を設けたモデルを用いて曲上げ角度をパラメータとした弾性解析を行った。ここで、プレストレスの導入力は、施工時における基準で使用されていた許容曲げ圧縮応力より 15 N/mm^2 とした。解析の結果、プレストレスの導入により表面に応力が発生し、曲上げ角度が大きくなるほど発生する応力も大きくなることが確認されたが、発生する応力は曲上げ角度 30° で 0.64 N/mm^2 程度であった。

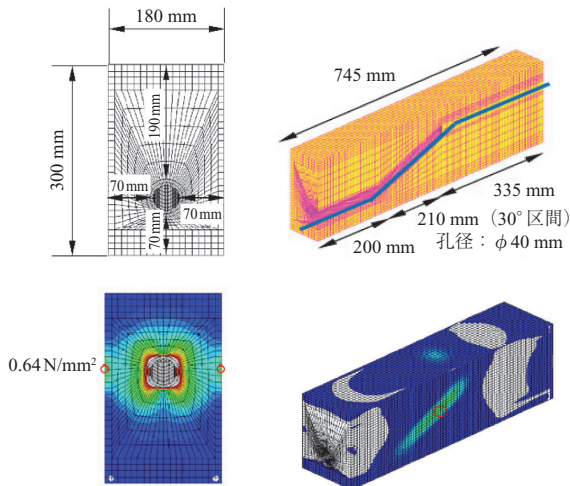


図 - 1 解析モデルとプレストレスによる応力発生状況 (曲上げ角度 30°)

(2) グラウト注入圧およびアルミ粉末膨張圧

既往の研究²⁾よりグラウトの注入およびアルミ粉末の膨張により生じる内圧を 0.5 N/mm^2 と仮定した場合、表面に発生する応力はグラウト注入圧、アルミ粉末膨張圧とも 0.09 N/mm^2 程度であった。

(3) コンクリートとグラウトの熱膨張係数の差

温度変化量を道路橋における温度変化の影響を設計に用いる場合の基準温度の標準値 20°C とした場合、シースかぶり 70 mm でコンクリートとグラウトの熱膨張係数差により発生する表面応力は 0.64 N/mm^2 程度であった。

4.3 桁腹部コンクリート表面に生じる応力の合計

①～④の要因により生じる表面応力の合計を表 - 1 に示す。検討を行った各要因について、発生する表面応力は、最大で 0.64 N/mm^2 程度であり、それのみでひび割れが発

生するほどの応力は確認されていない。しかし、これらの要因が複合的に生じることにより、発生応力は 1.0 N/mm^2 を超え、曲上げ角度の大きい鋼材ほどひび割れが発生する可能性が高いことが確認された。

表 - 1 各要因により発生する表面応力 (N/mm^2)

発生要因	曲上げ角度			
	0°	10°	20°	30°
①プレストレス力	0.17	0.25	0.45	0.64
②グラウト注入圧	0.09			
③グラウト膨張圧	0.09			
④熱膨張係数差	0.64			
合計	0.99	1.07	1.27	1.46

5. おわりに

桁腹部に生じたシースに沿ったひび割れの発生原因について、解体調査および解析的検討を行った結果、ひび割れの発生はグラウトが充填されていても、複合的な要因により発生する可能性が示された。これより、今回の検討の範囲では、外観変状からシース内部の状況、グラウトの充填状況を把握することは困難であると推察された。

シースに沿ったひび割れを生じてもグラウトの充填状況が良好であればPC鋼材の健全性は保たれる。しかし、充填が不十分であれば水の浸入などによりPC鋼材が腐食する可能性が高くなる。シースに沿ったひび割れが確認された場合にはまずグラウトの充填状況を確認し、PC鋼材の腐食の可能性を予測したうえで、対策の時期や方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 玉越ほか：道路構造物群のマネジメント（管理）における点検データの活用～定期点検結果の分析から見た損傷発生・進行の特徴及び現有性能の指標化～、土木技術資料 53-12, pp.18-21, 2011
- 2) 北海道開発土木研究所：プレストレストコンクリート用グラウトに関する実験的研究、土木試験所報告第 29 号, 1962.3
- 3) 櫻井ほか：PCT 桁橋の桁下面に発生した縦ひび割れ原因に関する解析的検討、第 23 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, pp.85-90, 2014.10

【2016 年 9 月 21 日受付】



新刊案内

第 45 回 PC 技術講習会テキスト
生産性向上と維持管理・更新の時代に求められる PC 技術

平成 29 年 6 月

定 価 6,000 円／送料 300 円
会員特価 5,000 円／送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会